

Rec'd PCT/PTO 21 JAN 2005

10/521979

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. Januar 2004 (29.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/009213 A1

BEST AVAILABLE COPY

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B01D 37/00, 37/04

(CH). FRIEDMANN, Thomas [CH/US]; 61 Springer Court, Hockessin, DE 19707 (US). LUSTENBERGER, Christoph [CH/CH]; Gässli 9, CH-5603 Staufen (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2002/008150

(74) Anwalt: BEYER, Rudi; Am Dickelsbach 8, 40883 Ratingen (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Juli 2002 (22.07.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AU, BR, CA, CN, HU, ID, IL, IN, JP, KP, KR, LT, LV, MX, NO, NZ, PL, RO, SG, SI, UA, US, YU, ZA.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): INSTITUT FÜR LEBENSMITTELWISSENSCHAFT LABORATORIUM FÜR LEBENSMITTELVORFAHRENSTECHNIK [CH/CH]; ETH-Zentrum/LFO, Schmelzbergstrasse 9, CH-8092 Zürich (CH). HEINKEL AG [DE/DE]; Gottlob-Grotz-Strasse 1, 74321 Bietigheim Bissingen (DE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): WINDHAB, Erich [DE/CH]; Im Schanzgraben 142, CH-8261 Hemishofen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

WO 2004/009213 A1

(54) Title: METHOD FOR INCREASING THE VOLUME FLOW OF A FILTRATE IN SEPARATION PROCESSES WITH FILTER CAKE FORMATION, AND DEVICE FOR CARRYING OUT SAID METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ERHÖHUNG DES FILTRATVOLUMENSTROMES BEI TRENNPROZESSEN MIT FILTERKUCHENBILDUNG UND VORRICHTUNG ZUM DURCHFÜHREN DES VERFAHRENS

(57) Abstract: The invention relates to a method for increasing the volume flow of a filtrate in separation processes which use at least one filter element with filter cake formation and a device for carrying out the inventive method. According to the invention, filter performance can be improved again by means of impressed, e.g. pulsating, pressure variations.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung des Filtratvolumenstromes bei Trennprozessen unter Verwendung von mindestens einem Filterelement mit Filterkuchenbildung und eine Vorrichtung zum Durchführen des erfindungsgemässen Verfahrens. Es wird aufgezeigt, wie durch aufgeprägte, z.B. pulsierende, Druckschwankungen sich die Filterleistung wieder erhöhen lässt.

VERFAHREN ZUR ERHÖHUNG DES FILTRATVOLUMENSTROMES BEI TRENNPROZESSEN MIT
FILTERKUCHENBILDUNG UND VORRICHTUNG ZUM DURCHFÜHREN DES VERFAHRENS

Beschreibung

Gattung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung des Filtratvolumenstromes bei Trennprozessen mit Filterkuchenbildung unter Verwendung von mindestens einem Filterelement.

Des weiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Stand der Technik

Es entspricht dem derzeitigen Stand der Technik, daß bei der Kuchen bildenden Filtration eine gegebenenfalls periodische Abreinigung des Filterkuchens vom Filtermedium dann erfolgt, wenn der Filtratvolumenstrom eine bestimmte, unter

wirtschaftlichen Gesichtspunkten kritische Größe unterschreitet. In aufeinanderfolgenden Filtrationszyklen können die Anfangsbedingungen, welche nach Abreinigung eines vorab aufgebauten Filterkuchens vorliegen, in aller Regel reproduziert werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß eine fortschreitende sogenannte „Verlegung“ des Filtermediums zu einer permanenten Verschlechterung der Ausgangssituation für den folgenden Filtrationszyklus nach Filterkuchenaustrag führen kann. In solchen Fällen ist nach bestimmter Anzahl von Filtrationszyklen eine zusätzliche Reinigung des Filtermediums, z. B. durch Rückspülung, vorzunehmen. Abhängig von der Mikrostruktur des sich aufbauenden Filterkuchens sind produktspezifisch die Abreinigungsintervalle nicht abhängig von der gebildeten Filterkuchenhöhe, sondern von der Durchlässigkeit des Filterkuchens und dem davon direkt abhängigen Filtratvolumenstrom. Der notwendige periodische Filterkuchenaustrag aus einer Filtrationsapparatur kann auf unterschiedliche Weise mechanisch erfolgen. Typische Beispiele sind „Abschälen“ bei sogenannten Schälzentrifugen, Abschleudern bei StülpfILTERZentrifugen oder ein Filterkuchenabwurf durch Bewegung/Deformation des Filtermediums (z. B. bei Filterpressen).

Der Filterkuchenaufbau erfolgt in allen herkömmlichen Filtrationsapparaten stetig unter in aller Regel konstant angelegter Druckdifferenz über dem Filtermedium bzw. dem Filterkuchen. Diese wirksame Filtrationsdruckdifferenz wird entweder hydrostatisch (Höhenunterschied zwischen dem Suspensionsvorratsbehälter und Filtereinheit), durch überlagerten statischen (z. B. erzeugt durch Pumpe oder

aufgeprägten Gasdruck) oder über Zentrifugalkräfte (in Zentrifugen und Dekantern) erzeugt.

In der herkömmlichen Auslegung von Filtrationssystemen bzw. Filtrationsprozessen wird in aller Regel von nicht kompressiblen Filterkuchen ausgegangen. Die Berücksichtigung der Filterkuchenkompressibilität ist Gegenstand neuester Forschungsarbeiten und hat in die filtrationstechnische Praxis bislang nur empirisch Eingang gefunden. Eine definierte analytische Beschreibung der Filterkuchenkompressibilität und deren Auswirkung auf Filterkuchenstruktur und Filtrationsvorgang, mit dem Ziel der Übertragung auf den industriellen Prozeß, sind bislang nicht Stand der Technik. Für stark kompressible Filterkuchensysteme erfolgt bislang die empirische Optimierung von Filtrationsdruck und maximaler Filterkuchenhöhe und damit gekoppelter maximaler Filtrationszyklusdauer.

Aufgabe

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Filtrationsleistung in Trennprozessen in allen herkömmlichen Filtrationsapparaten, Vorrichtungen, Maschinen und Einrichtungen, wie z. B. Zentrifugen, Trommelfiltern, Filterpressen oder dergleichen, zu erhöhen.

Des weiteren liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine geeignete Vorrichtung zum Durchführen des erfindungsgemäß angestrebten Verfahrens bereitzustellen.

Lösung der Aufgabe betreffend das Verfahren

Diese Aufgabe wird durch jeden der **Patentansprüche 1 und 2** gelöst.

Einige Vorteile

Unter Druckwechsel erfährt die Mikrostruktur von kompressiblen Filterkuchensystemen eine Auflockerung, welche bei Wiederbeaufschlagung mit dem ursprünglichen Filtrationsdruck nicht spontan reversibel ist und somit über eine gewisse Zeitspanne (Filterkuchen-Strukturrelaxationszeit) einen erhöhten Filtratvolumenstrom erlaubt. Es wird davon ausgegangen, daß eine derartige irreversible Filterkuchenstruktureauflockerung insbesondere dann besonders ausgeprägt erfolgt, wenn die Druckentspannung sprunghaft durchgeführt wird und die kompressiblen Bestandteile des Filterkuchens ebenso nährungsweise sprunghaft rückdeformieren. Voraussetzung für eine derartige Rückdeformation sind elastische Eigenschaften der Filterkuchenstrukturelemente. Solche elastischen Eigenschaften liegen bei einer Vielzahl von Produkten, insbesondere aus dem Bereich der

biologischen Rohstoffe, aber auch für eine Anzahl von nichtorganischen Materialien, z. B. Kunststoff-Polymerprodukten, vor.

Überraschenderweise hat sich gezeigt, daß bei Überschreitung bestimmter Druckwechselamplituden sowie insbesondere für Filterkuchensysteme, welche aus Partikeln mit engerer Partikelgrößenverteilung aufgebaut sind, bei Vorhandensein elastischer Eigenschaften der Filterkuchenstrukturelemente, eine besonders starke, auf bestimmter Zeitskala irreversible Filterkuchenauflockerung erreicht wird. Es wird davon ausgegangen, daß bei Überschreiten einer kritischen Rückdeformation bei Druckentspannung die Filterkuchenmikrostruktur derart stark verändert wird, daß nach Wiederanlegung des Filtrationsdruckes die Anordnung der Filterkuchenstrukturelemente eine gewisse Zeit (die sog. Filterkuchen-Strukturrelaxationszeit) benötigt, um die vor Druckentspannung vorliegende verdichtete „stationäre“ Filterkuchenstruktur wiederherzustellen. Die Filterkuchen-Strukturrelaxationszeit legt erfindungsgemäß die minimale Druckwechselfrequenz, welche zur Steigerung des Filtratvolumenstromes appliziert wird, fest. Erfindungsgemäß ist die im Prozeß realisierte Druckwechselfrequenz höher als die vorab beschriebene minimale Druckwechselfrequenz zu wählen.

Die Umsetzung der erfindungsgemäßen Erfindung erfolgt bevorzugt durch Aufprägung einer statischen Druckwechselbelastung mittels Gasdruck oder hydraulischem Druck, sowohl in Druckfiltern als auch Vakuumfiltern und hyperbaren

Filterzentrifugen. Mit oder ohne überlagertem Zentrifugalfeld (Filterzentrifugen) können Druckwechsel über Gasdruckbeaufschlagung oder hydraulisch erreicht werden.

Weitere erfinderische Verfahrensweisen

Diese sind in den **Patentansprüchen 3 bis 20** beschrieben.

Lösung der Aufgabe betreffend die Vorrichtung

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des **Patentanspruches 21** gelöst.

Einige Vorteile

Die erfindungsgemäße Vorrichtung läßt sich weitgehend mit handelsüblichen Konstruktionselementen aufbauen und ermöglicht eine sichere und zuverlässige Verfahrensweise bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Weitere erfinderische Ausführungsformen

Weitere erfinderische Ausgestaltungen sind in den **Patentansprüchen 22 bis 30** beschrieben.

Zusammenfassend stellt die Erfindung somit eine vorteilhafte Verfahrensweise und eine Vorrichtung bereit, bei welchen durch die Überlagerung mittels Druckwechsel eine Fest-Flüssig-Trennung, wie sie in Druck- und Vakuumfiltern ebenso wie in Filterzentrifugen bei der sogenannten Kuchen bildenden Filtration erfolgt, verbessert vorgenommen wird. Der Natur der Kuchen bildenden Filtration entspricht es, daß aus den abzutrennenden Feststoffteilchen ein Filterkuchen aufgebaut wird. Der mikrostrukturelle Aufbau des Filterkuchens bestimmt dessen Durchlässigkeit (Permeabilität) für das Filtrat. Bei Überschreiten einer bestimmten Filterkuchenhöhe wird unter gegebener Filterkuchenmikrostruktur sowie prozeßtechnisch maximal realisierbarer Druckdifferenz über der Filterkuchenhöhe, der Filtratvolumenstrom zu klein, um das Verfahren wirtschaftlich realisieren zu können. Dies ist um so ausgeprägter der Fall, wenn die den Filterkuchen bildenden Feststoffpartikeln eine dichtere, das heißt, weniger poröse, Filterstruktur aufbauen. Unterstützt wird ein solcher Fall durch eine ausgeprägte Breite der Partikelgrößenverteilung sowie durch zunehmende Kompressibilität der Feststoffteilchen im Falle deren plastischer und/oder elastischer Verformbarkeit unter Druckeinfluß.

Insbesondere bei Feststoffteilchen, welche aus biologischem Material bestehen, häufig jedoch auch bei Kunststoffen (z. B. Elastomere), sind derartige elastisch-plastische Verformungseigenschaften gegeben. Dies hat für den Filterkuchen Kompressibilität zur Folge.

Wird ein kompressibler Filterkuchen, welcher unter bestimmtem angelegten Druckgefälle vom Filtrat durchströmt wird, entspannt, das heißt, die angelegte Druckdifferenz wird reduziert, so findet eine Rückdeformation und eine damit einhergehende Auflockerung des kompressiblen Filterkuchens statt. Mit einer derartigen Auflockerung einher geht die Erhöhung der Durchlässigkeit des Filterkuchens. Wird einem solchen druckentspannten Filterkuchen erneut die ursprüngliche erhöhte Filtrationsdruckdifferenz aufgeprägt, ergibt sich für den Fall, daß nicht spontan der ursprüngliche komprimierte Strukturzustand des Filterkuchens wieder eingestellt wird, eine Erhöhung des Filtratvolumens innerhalb der charakteristischen Zeitspanne, welche notwendig ist, den Filterkuchen durch Wiederverfestigung, bzw. weiteren Schichtdickenaufbau in der Durchlässigkeit wieder abzusenken.

Erfindungsgemäß wird die Druckwechselamplitude zwischen mit dem Filtrationsdruck beaufschlagtem und druckentspannten Zustand auf die Kompressibilität des Filterkuchens bzw. der den Filterkuchen bildenden Feststoffpartiklen abgestimmt. Eine Abstimmung der Druckwechselfrequenz erfolgt erfindungsgemäß abhängig

von der Relaxationszeit der Filterkuchenstruktur. Letztere ist definiert als diejenige Zeit, welche notwendig ist, um die Filterkuchenstruktur unter gegebenen Betriebsbedingungen wieder soweit zu verdichten, daß die ursprüngliche Durchlässigkeit vor erfolgter Druckentspannung wieder erreicht wird.

Erfindungsgemäß können zur Verstärkung des beschriebenen temporären Auflockerungseffektes bei Druckentspannung kompressible Hilfsstoffe in Partikelform in den Filterkuchen eingebracht werden. Derartige Hilfsstoffe können z. B. hochkompressible elastische Kautschukgranulate sein. Eine weitere Möglichkeit bieten elastisch verformbare Schichten im Filtermedium (Filtertuch), welche zu einer ausgeprägten Deformation bzw. Rückdeformation bei Drucklastwechsel derart führen, daß eine Strukturauflockerung bzw. ein Strukturaufbruch der darüberliegenden Filterkuchenstruktur erfolgt.

In den Zeichnungen ist die Erfindung – teils schematisch – beispielsweise veranschaulicht. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltschema einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 2 in einem Diagramm den Filtratvolumenstrom V über der Zeit t in Abhängigkeit aufgeprägter Drücke bzw. Druckwechsel;

Fig. 3 ein weiteres Schaltschema einer hyperbaren Becherzentrifuge und

Fig. 4 wiederum einen Filtratvolumenstrom V über der Zeit t , dargestellt bei hyperbarer Zentrifugation unter Druckwechsel.

In den Fig. 1 und 2 ist das erfindungsgemäße Verfahren in Anwendung auf eine Druckfiltrationsanlage dargestellt.

Mit 1 ist eine Suspensionszuleitung und mit 2 eine Druckgasleitung bezeichnet, während 3 ein Ventil, z. B. ein Motorventil, darstellt.

Aus einem druckdichten Suspensionsvorratsbehälter 4 wird die zu behandelnde Suspension über ein Zuleitungsrohr 5 in den Filtrations-Prozessraum 8 gefördert. Als Förderorgan kann entweder eine Pumpe dienen oder ein Überdruck im Suspensionsvorratsbehälter 4 aufgebaut werden. Erfindungsgemäß geschieht der Druckaufbau im Suspensionsvorratsbehälter 4 mittels überlagertem statischen Gasdruck, welcher durch Einleitung von Druckgas (z. B. Luft) über die Druckgasleitung 2, welche aus einem Drucktank bzw. aus einem Druckgasnetz gespeist wird, aufgebaut wird (nicht dargestellt). Im Falle der erfindungsgemäßen Druckwechselbeaufschlagung übernimmt eine über einen Mikrorechner 14 angesteuerte Steuerung/Regelung die definierte Einstellung von Druckamplitude und Druckwechselfrequenz.

Zur Druckregleinrichtung gehören das Ventil 3 in der Druckgasleitung 2 zum Suspensionsvorratsbehälter 4, ein Entspannungsventil 13, welches gekoppelt ist mit dem Gasraum des Suspensionsvorratsbehälters 4 sowie ein Druckaufnehmer 10, welcher den statischen Druck im Suspensionsvorratsbehälter 4, bevorzugt im Gasraum, mißt. Ein großer Leitungsquerschnitt in der Druckgasleitung 2 zum Suspensionsvorratsbehälter 4 sowie ein kleiner Gasraum im Suspensionsvorratsbehälter 4 sorgen für die Möglichkeit eines schnellen Druckauf- bzw. -abbaus. Prozeßtypische Druckamplituden liegen bei 0,1 bis 5 bar, können bei Sonderverfahren, bei welchen z. B. bei kleinen Volumina und sehr hohen Drücken gearbeitet wird, jedoch deutlich höher, das heißt bis mehrere 100 bar, liegen. Typische Druckwechselfrequenzen liegen im Bereich von 0,01 bis 1 Hz, lassen in Sonderfällen sich jedoch zu höheren bzw. tieferen Frequenzen erweitern. Erfolgt - wie beschrieben - die Druckbeaufschlagung über den Suspensionsvorratsbehälter 4, sind zur Beherrschung der auftretenden Kräfte auf das Tankmaterial bevorzugt schlanke Tankkonstruktionen mit kleinen Deckelflächen und erhöhten Wandstärken zu wählen.

In einer besonderen Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes wird der Druck in der Suspensionszuleitung 1 zum Filtrationsapparat oder direkt in der Filtrationskammer suspensionsseitig in der wie für den Suspensionsvorratsbehälter vorab beschriebenen Weise aufgebaut, wobei für die Zeit des Druckaufbaus die

Verbindung von Filtrationsapparat und Suspensionsvorratstank mittels Ventil 15 geschlossen wird. Damit erfährt der Suspensionsvorratsbehälter 4 keine Druckerhöhung und muß somit nicht für hohe Drücke ausgelegt werden. Druckgasleitung 2 und Entspannungsleitung mit den zugehörigen Ventilen sind in diesem Ausführungsfall direkt mit dem Zuleitungsrohr 5 bzw. der Filtrationskammer 8 verbunden.

Zur In-line Kontrolle der Filterkuchenpermeabilität werden während z. B. einer Versuchsführung mittels Druckaufnehmern 11, 12 die Druckdifferenz 7 über der Filterkuchenhöhe, ebenso wie der Filtratvolumenstrom mittels Massedurchflußmesser 9 bzw. gravimetrisch am Filtrataustritt gemessen.

In einer besonderen Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes kann die Beaufschlagung des Filtersystems mit Druckwechsel in Abhängigkeit von der Druckdifferenz über dem Filterkuchen bzw. dem Filtratmassenstrom gesteuert werden. In diesem Falle wird bei Unterschreiten eines kritischen Filtratvolumenstromes bzw. Überschreiten eines kritischen Differenzdruckes über dem Filterkuchen, mit Hilfe der Druckregelvorrichtung ein ein- oder mehrmaliger Druckwechsel definierter Höhe und Frequenz eingeleitet. Die Abstimmung der Messung der kritischen Größen sowie die Initiierung der Ventilschaltabläufe erfolgt über den Mikroprozessorrechner 14, welcher beispielsweise Teil einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) sein kann. Im Falle einer nicht hinreichenden Effizienz der erfolgten Druckwechsel für die Erhöhung des Filtratvolumenstromes, kann auf der

Basis eines Optimierungsprogramms die Prozeßsteuerung/-regelung die Druckamplitude und die Druckwechselfrequenz bis zu entsprechenden im Steuerungs-/Regelungsprogramm fixierten Grenzwerten sukzessive erhöhen.

Die für das Druckfiltersystem beschriebene Adaption der erfindungsgemäßen Vorrichtung lassen sich in identischer Weise auf das beispielhaft in den Fig. 3 und 4 dargestellte hyperbare Filterzentrifugationssystem übertragen. Einzig unterschiedlich ist der Filtrationsraum, welcher der Zentrifugentrommel 8 bzw. Zentrifugenbechern (bei Becherzentrifugen) entspricht. Die Zusp eisung der Suspension erfolgt im Falle einer hyperbaren Zentrifuge zentrisch über eine Hohlwelle bzw. ein Füllrohr 17. Eine dichtende Zuleitung mittels Füllrohr bis zu Drücken von ca. 10 bar ist Stand der Technik. Als zusätzlich bezeichnete Anlagenteile sind in Fig. 3 für eine hyperbare Becherzentrifuge das Zentrifugengehäuse sowie der Antriebsmotor bezeichnet. Nicht explizit aufgezeigt ist in Fig. 3 der Steuerrechner (Mikrorechner 14 in Fig. 2). Ein solcher kann natürlich in gleicher Weise wie mit der Druckfiltrationsanlage auch mit der hyperbaren Filterzentrifuge gekoppelt werden. Die Steuerung bzw. Regelung der erfindungsgemäßen aufgeprägten Druckwechselbeanspruchung erfolgt in identischer Weise wie für die Druckfiltrationsanlage gemäß Fig. 1.

Mit 16 ist ein Ständer oder eine Halterung bezeichnet, während 18 ein Filtermedium oder Filterelement bezeichnet.

Beispiel 1

Bei der in den Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Druckfiltrationsapparatur wurde ein Modellfilterkuchen, bestehend aus einem Kautschukgranulat, angeschwemmt und mit einer Höhe von 40 mm aufgebaut. Das verwendete Kautschukgranulat gilt als repräsentativ für elastisch deformierbare Mikrostrukturelemente typischer kompressibler Filterkuchensysteme. Im Vorratsbehälter der Druckfiltrationsapparatur konnten ein statischer Gasdruck bzw. statische Gasdruckwechsel definiert ausgeprägt werden. Der Filtratvolumenstrom durch den Filterkuchen wurde gravimetrisch gemessen. Die statischen Drücke vor und nach dem Filterkuchen wurden mittels Absolutdruckaufnehmern während der Versuchsführung gemessen.

Fig. 2 zeigt in einem Diagramm den Filtratvolumenstrom V über der Zeit t in Abhängigkeit aufgeprägter Drucke bzw. Druckwechsel. Für eine Druckwechselamplitude von 1 bar. Wie Fig. 2 eindeutig zu entnehmen ist, erfolgt beim zyklisch mit Druck beaufschlagtem Filtrationsprozeß eine Verbesserung, das heißt Erhöhung des Filtratvolumenstromes gegenüber der stationären Versuchsweise.

Beispiel 2

Bei der hyperbaren filtrierenden Zentrifugation wird dem konstant wirksamen Zentrifugalfeld ein statisches Druckfeld über der Filterkuchenhöhe überlagert, um eine

Erhöhung des Filtratvolumenstromes bzw. kürzere Prozeßzeiten zu erreichen. Im Vergleich zu einem statischen Druckfeld wurde in der vorgestellten Versuchsführung ein Druckwechselfeld dem angelegten Zentrifugalfeld überlagert aufgeprägt. Die Versuchsführung erfolgte beispielhaft in einer hyperbaren Becherfiltrationszentrifuge, deren Aufbauschema in Fig. 3 dargestellt ist. Die definierte Druckbeaufschlagung mit konstantem oder definiert wechselndem statischen Druck erfolgte wie bei der Druckfiltrationsapparatur über den statischen Gasdruck im Suspensionsvorratsbehälter 4. In der Fig. 4 ist wiederum der Filtratvolumenstrom V über der Zeit t dargestellt. Wie bereits für das Beispiel der reinen Druckfiltration zeigt sich auch im Falle der hyperbaren Zentrifugation der Effekt, daß bei bestimmten Druckwechselamplituden eine deutliche Erhöhung des Filtratvolumenstromes erreicht werden kann. Ungeeignete Druckamplituden können einen gegenteiligen Effekt hervorrufen. Dies unterstützt den erfindungsgemäßen Befund, daß von der Filterkuchenstruktur abhängig bestimmte optimale Druckdifferenzen beim Druckwechsel eingestellt werden müssen, um hinreichende Auflockerungseffekte mit über die Filterkuchen-Strukturrelaxationszeit resultierender Filtratvolumenstromerhöhung resultieren zu lassen.

Aufgrund bisheriger Untersuchungen wird davon ausgegangen, daß minimale Druckwechselamplitude und minimale Druckwechselfrequenz, deren Überschreitung zur Erhöhung des Filtratvolumenstromes beitragen und damit die Wirtschaftlichkeit des Filtrationsverfahrens deutlich verbessern, von den

Filterkuchenstrukturparametern eindeutig abhängen. Es konnte beispielsweise gezeigt werden, daß Filterkuchen mit engerer Partikelgrößenverteilung bereits bei kleineren Druckamplituden den positiven Effekt der Filtratvolumenstromerhöhung aufzeigen. Aufgrund der Komplexität realer Filterkuchensysteme wird davon ausgegangen, daß für das jeweilige Filterkuchensystem in Laborexperimenten minimale Druckwechselamplitude und minimale Druckwechselfrequenz experimentell ermittelt, und dann auf den industriellen Prozeß übertragen werden.

Erfindungsgemäß können zur Steigerung des Kuchenauflockerungseffektes bei Druckwechsel folgende weitergehende Maßnahmen ergriffen werden:

- a) Als Filterhilfsmittel werden elastische Teilchen mit guten Kompressionseigenschaften der zu filtrierenden Suspension zugegeben.
- b) Das Filtermedium (z. B. Filtertuch) wird mit kompressiblen „Einschlüssen“ (z. B. Hohlfasern oder Hohlkugeln aus elastischem Material) versehen.

In beiden Fällen bewirken die im Filterkuchen bzw. im Filtertuch eingelagerten elastisch verformbaren und kompressiblen Elemente eine verstärkte Rückdeformation nach Druckentlastung und eine damit einhergehende Kuchenauflockerung aus. Die resultierende Porenerweiterung zieht die erhöhte Permeabilität und damit einen erhöhten Filtratvolumenstrom nach sich.

Die abhängig von der Art des Filterkuchens sowie den Betriebsbedingungen sich einstellende Filterkuchen-Strukturrelaxationszeit kann dadurch erklärt werden, daß die im Filterkuchen angeordneten Partikeln „strukturspezifisch“ unterschiedlich lange Zeit benötigen, um wieder in ihre „günstige“ stabile Position in der Filterkuchenstruktur zu erreichen.

Die in der Zusammenfassung, in den Patentansprüchen und in der Beschreibung beschriebenen sowie aus der Zeichnung ersichtlichen Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|--|
| 1 | Suspensionszuleitung |
| 2 | Druckgasleitung |
| 3 | Ventil |
| 4 | Suspensionsvorratsbehälter, druckdicht |
| 5 | Zuleitungsrohr |
| 6 | - |
| 7 | Druckdifferenz |
| 8 | Filtrations-Prozeßraum (Zentrifugentrommel, Zentrifugenbecher) mit Filtermedium, Filtrationskammer |
| 9 | Massedurchflußmesser |
| 10 | Druckaufnehmer |
| 11 | „ |
| 12 | „ |
| 13 | Entspannungsventil |
| 14 | Mikrorechner |
| 15 | Ventil |
| 16 | Ständer, Halterung |
| 17 | Füllrohr |

18 Filtermedium/Filterelement

19 Antriebsmotor

SPS speicherprogrammierbare Steuerung

t Zeit

V Filtratvolumenstrom

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung des Filtratvolumenstromes bei Trennprozessen mit Filterkuchenbildung unter Verwendung von mindestens einem Filterelement, wobei vor und/oder während und/oder nach dem Trennprozeß dem Filterelement und/oder dem Filterkuchen und/oder dem das Filterelement mit dem Filterkuchen durchströmenden Filtratstrom Druckwechsel aufgeprägt werden.
2. Verfahren zur Verbesserung von Fest-Flüssig-Trennprozessen mit Filterkuchenbildung unter Verwendung von mindestens einem Filterelement, wobei vor und/oder während und/oder nach dem Trennprozeß dem Filterelement und/oder dem Filterkuchen und/oder dem das Filterelement und/oder dem Filterkuchen durchströmenden Filtratstrom Druckwechsel aufgeprägt werden, die zu einer periodischen Auflockerung der gebildeten Filterdeckschichtstrukturen führen und damit den Filtratvolumenstrom erhöhen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckwechsel pulsierend vorgenommen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckwechsel periodisch mit vorbestimmter Periodendauer vorgenommen werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die den Trennvorgang überlagerten Druckwechsel mit definierter Amplitude vorgenommen werden.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckwechsel filterkuchenstrukturspezifisch vorgenommen werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckwechsel nach empirischen Daten vorgenommen werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die filterkuchenspezifischen Druckwechsel labormäßig ermittelt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckwechsel mit filterkuchenstrukturspezifischen Optima oder wenigstens einem Optimum vorgenommen werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckwechsel hinsichtlich ihrer Stärke und/oder Amplitude und ihrer Dauer nach einem vorbestimmten Programm – vorzugsweise gleichbleibend – durchgeführt werden.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß in das Programm strukturspezifische Daten eingeführt werden, die in einen mit einem Rechner versehenen Regler eingespeichert werden.
12. Verfahren nach Anspruch 1 und 2 **dadurch gekennzeichnet**, daß die dem Trennvorgang überlagerte Druckwechselbeanspruchung mit definierter Frequenz erfolgt, wobei diese eine minimale Frequenz die durch die belastungsspezifische Filterkuchenstrukturrelaxationszeit festgelegt wird, überschreitet.
13. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3 **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckwechselbeanspruchung des Filterkuchens erst nach Aufbau des Filterkuchens und Unterschreitung einer Mindestfiltratdurchflußrate erfolgt.
14. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß bereits während des Filterkuchenaufbaues die Filterkuchenbeanspruchung mittels Druckwechsel erfolgt.

15. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß gemeinsam mit der Abscheidung von Suspensionspartikeln zusätzlich beigefügte elastische, kompressible Hilfsstoffpartikel gleichzeitig abgeschieden und in den Filterkuchen eingebaut werden, und diese bei Beaufschlagung mit Druckwechseln, speziell bei Eintritt der Druckreduktion, durch Rückdeformation zu einer Auflockerung der Filterkuchenstruktur und damit zur Erhöhung der Filtratdurchlässigkeit führen.
16. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch Einsatz eines elastisch verformbaren und kompressiblen Filtermediums (z. B. Filtertuch) bei Druckwechselbeaufschlagung dieses unter Druck komprimiert, sowie unter Druckwegnahme rückdeformiert und damit zu einer periodischen Auflockerung des auf dem Filtermedium gebildeten Filterkuchens führt und somit eine Erhöhung des Filtratvolumens bewirkt.
17. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die periodisch aufgeprägten Druckwechsel in Form einer Rampen-/Rechteckfunktion mit Druckbeaufschlagungs- und Entspannungszeiten bis zum Erreichen des jeweiligen Druckplateaus innerhalb

sehr kurzer Zeit, erfindungsgemäß bevorzugt innerhalb weniger Zehntelsekunden, erfolgt.

18. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß Druckbeaufschlagungen und –entspannungen periodisch gemäß einer Sinusfunktion aufgeprägt werden.
19. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die aufgeprägten Druckwechsel sich in unterschiedlichen Druckbereichen abspielen, das heißt das untere Druckplateau minimal bei Atmosphärendruck und das obere Druckplateau für Anwendungen von Hochdrucktechnik bei maximal einigen hundert bar, z. B. bei Anwendungen in technischen Druckfiltern und hyperbaren Zentrifugen bevorzugt bei ≤ 5 bar, eingestellt werden.
20. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der darauffolgenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Druckwechseln ein unteres Druckplateau im Unterdruckbereich bei ≥ 50 mbar und ein oberes Druckplateau im Überdruckbereich bei ≤ 20 bar, bevorzugt bei ≤ 5 bar, eingestellt werden.

21. Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Filtrationsvorrichtung von einem druckfesten Gehäuse umgeben und mit einem Suspensionsvorratsbehälter (4) über eine Rohrleitung verbunden ist, wobei über den Suspensionsvorratsbehälter (4) oder über die Suspensionsrohrleitung (5) suspensionsseitig aus Sicht des Filtermediums pneumatisch oder hydraulisch Druckwechsel im Bereich zwischen Atmosphärendruck und einem oberen Druckplateau von ≤ 20 bar, bevorzugt ≤ 5 bar, aufprägbare sind, und/oder filtratseitig aus Sicht des Filtermediums Druckwechsel von ≤ 20 bar, bevorzugt ≤ 5 bar bis 50 mbar (Unterdruck), aufprägbare sind.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckwechselbeanspruchung suspensionsseitig durch Aufprägung eines hinsichtlich Druckamplitude und Druckwechselfrequenz definiert periodisch schwankenden Gasdruck oder hydraulisch erzeugbar ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckwechselbeanspruchung filtratseitig durch Aufprägung eines definierten periodischen Unterdruckes erzeugbar ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch suspensionsseitige Überdruckbeaufschlagung und filtratseitige Unterdruckbeaufschlagung bzw. umgekehrt in zeitlich versetzter Abfolge eine periodische Druck/Unterdruckbeaufschlagung des Filterkuchens erreichbar ist.
25. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit dem Suspensionsvorratsbehälter (4) ein Gasdrucktank verbunden ist, welcher mittels Ventilvorrichtung unter Druck befindliches Gas in den Suspensionsvorratsbehälter (4) in definierten Zeitintervallen einströmen und dort einen definierten Druck mit einem ebenso definierten zeitlichen Gradienten aufbauen läßt.
26. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit dem Gaskopfraum des Suspensionsvorratsbehälter (4) ein Entspannungsventil (13) verbunden ist, welches sich in definierten Zeitintervallen definiert öffnen und damit einen definierten Druckabfall mit einem ebenso definierten zeitlichen Gradienten erzeugen läßt.
27. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Suspensionsvorratsbehälter (4), ebenso wie vor und hinter dem Filtermedium bzw. Filterkuchen Druckaufnehmer (11, 12) zur Messung der lokalen statischen Drücke eingebaut sind.

28. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Mikrorechner (14) adaptiert ist, welcher mit den Druckaufnehmersensoren und den Stellventilen als Aktoren verbunden ist, und die Stellventile (3, 13) in definierter Abfolge derart schalten bzw. einstellen läßt, daß Druckwechsel in Amplitude, Frequenz und zeitlichem Druckverlauf definiert in Abhängigkeit oder unabhängig von der über der Filterkuchenhöhe gemessenen Druckdifferenz einstellbar sind.
29. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Massendurchflußmesser in den Filtratauslaß aus der Filtrationsvorrichtung eingebaut ist und den Filtratmassenstrom permanent ermittelt.
30. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Filtratmassenstrommesser ebenfalls mit dem Mikrorechner (14) verbunden ist und Amplitude, Frequenz und zeitlichem Druckverlauf der aufgeprägten Druckwechsel vom Mikrorechner (14) in Abhängigkeit vom Filtratmassenstrom regelbar ist.

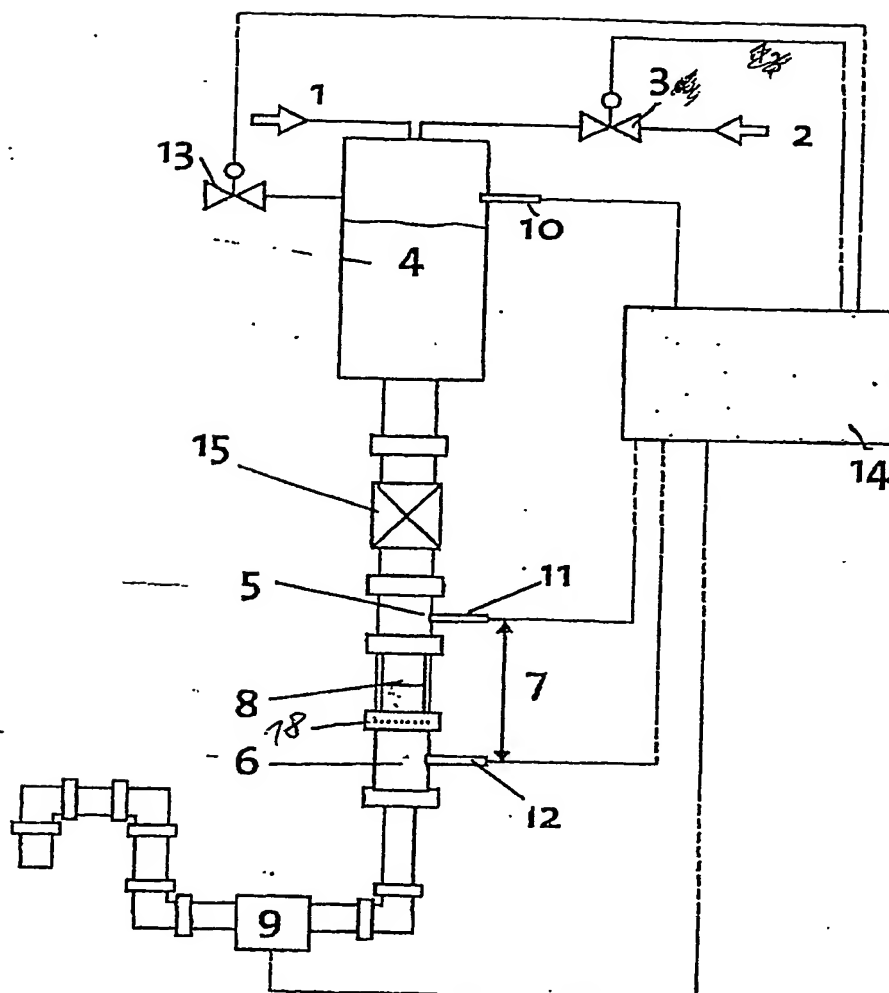
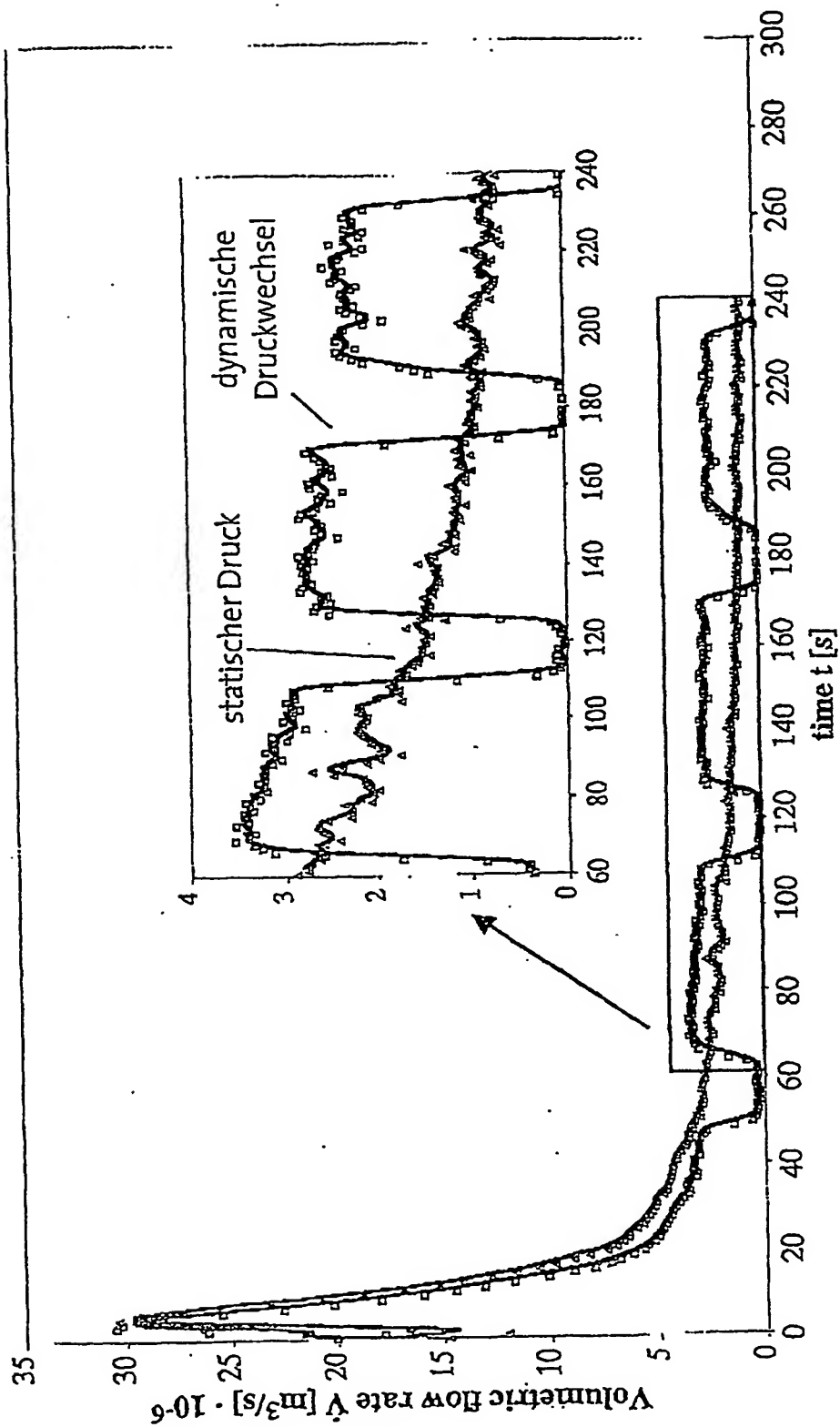


Fig. 7



Elastomer 500-1000 μm ($C=0$ / $p_{\text{hyp}}=1\text{bar}$)

Fig. 2

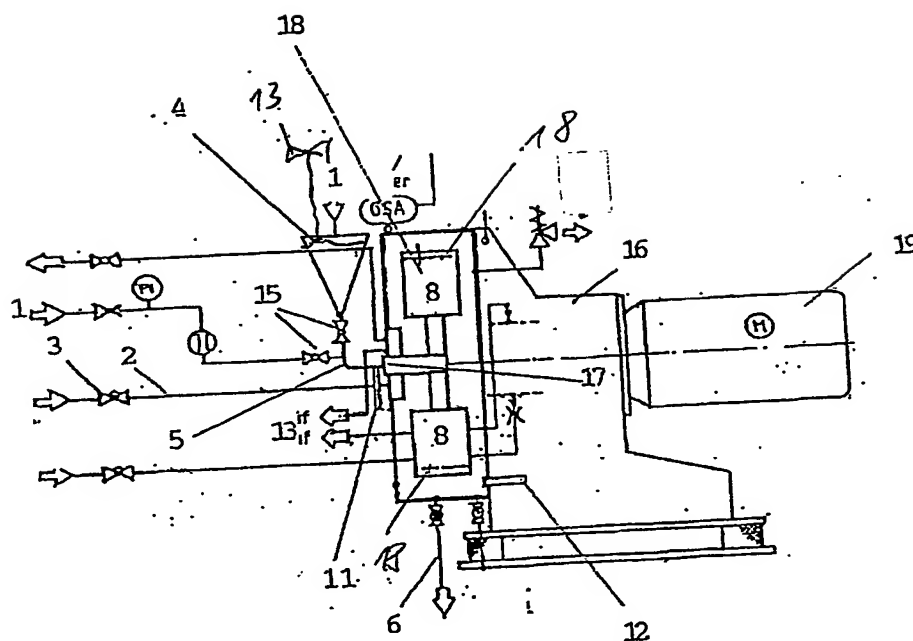
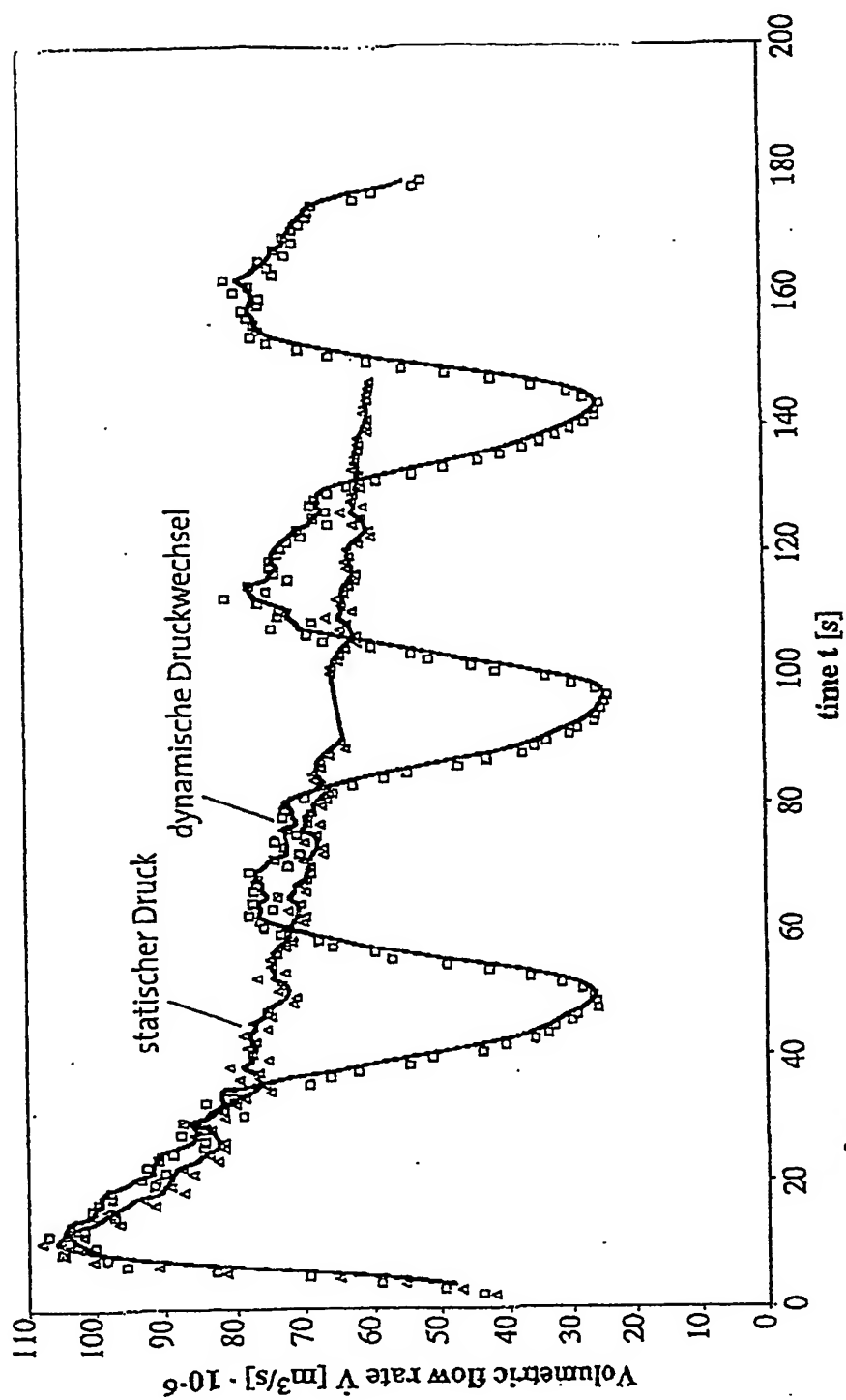


Fig. 3



Elastomer 250-500 μm ($C=15/p_{\text{hyp}}=4\text{bar}$)

4

Fig.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/08150

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B01D37/00 B01D37/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 672 410 C (FRAEMBS & FREUDENBERG) 2 March 1939 (1939-03-02) page 1, line 1 - line 10 page 2, line 14 - line 82 claim 1	1-30
X	DE 11 66 153 B (HANS HEYMANN DR) 26 March 1964 (1964-03-26) column 1, line 9 - line 23	1,2,21
X	DE 12 21 199 B (PROGRESS ENGINEERS LTD) 21 July 1966 (1966-07-21) column 1, line 31 - line 42	1,2,21
A	DE 28 23 380 A (SHELL INT RESEARCH) 7 December 1978 (1978-12-07) claims 1,2	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 November 2002

Date of mailing of the international search report

27/11/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sembritzki, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/08150

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 672410	C	02-03-1939	NONE
DE 1166153	B	26-03-1964	NONE
DE 1221199	B	21-07-1966	NONE
DE 2823380	A	07-12-1978	NL 7705928 A 04-12-1978
		AU 528474 B2 28-04-1983	
		AU 3658578 A 06-12-1979	
		BE 867398 A2 24-11-1978	
		CA 1134282 A1 26-10-1982	
		DE 2823380 A1 07-12-1978	
		FR 2392704 A1 29-12-1978	
		GB 1589004 A 07-05-1981	
		IN 148504 A1 14-03-1981	
		JP 53148769 A 25-12-1978	
		ZA 7803052 A 25-07-1979	

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/08150

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B01D37/00 B01D37/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B01D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 672 410 C (FRAEMBS & FREUDENBERG) 2. März 1939 (1939-03-02) Seite 1, Zeile 1 - Zeile 10 Seite 2, Zeile 14 - Zeile 82 Anspruch 1	1-30
X	DE 11 66 153 B (HANS HEYMANN DR) 26. März 1964 (1964-03-26) Spalte 1, Zeile 9 - Zeile 23	1,2,21
X	DE 12 21 199 B (PROGRESS ENGINEERS LTD) 21. Juli 1966 (1966-07-21) Spalte 1, Zeile 31 - Zeile 42	1,2,21
A	DE 28 23 380 A (SHELL INT RESEARCH) 7. Dezember 1978 (1978-12-07) Ansprüche 1,2	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. November 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/11/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Sembritzki, T

INTERNATIONAL RESEARCH REPORT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/08150

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 672410	C	02-03-1939	KEINE
DE 1166153	B	26-03-1964	KEINE
DE 1221199	B	21-07-1966	KEINE
DE 2823380	A	07-12-1978	NL 7705928 A 04-12-1978
		AU 528474 B2 28-04-1983	
		AU 3658578 A 06-12-1979	
		BE 867398 A2 24-11-1978	
		CA 1134282 A1 26-10-1982	
		DE 2823380 A1 07-12-1978	
		FR 2392704 A1 29-12-1978	
		GB 1589004 A 07-05-1981	
		IN 148504 A1 14-03-1981	
		JP 53148769 A 25-12-1978	
		ZA 7803052 A 25-07-1979	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.